

FITOAKUMULASI Cr DAN Pb DALAM TUMBUHAN BAKAU *Rhizophora mucronata* DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TALLO MAKASSAR

Yafyet*, Syarifuddin Liong, dan Yusafir Hala

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245

*email: yafyet44@gmail.com

Abstrak. Analisis akumulasi Cr dan Pb dalam tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dan sedimen di Sungai Tallo Makassar telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan akumulasi tumbuhan bakau pada kedua logam ini terhadap variasi musim (kemarau dan hujan). Sampel sedimen pada tiap titik sampling diambil dengan menggunakan *Eckman grab*, sedangkan tumbuhan bakau menggunakan pisau (parang) sebagai alat potong. Sampel sedimen didestruksi kering dengan menambahkan Na_2CO_3 , diabukan, dan dilarutkan dengan HNO_3 . Sampel tumbuhan bakau didestruksi menggunakan HNO_3 . Sampel dianalisis menggunakan SSA. Mekanisme akumulasi dihitung berdasarkan nilai BCF yang merupakan perbandingan konsentrasi rata-rata logam dalam tumbuhan terhadap konsentrasi logam dalam tanah, dan nilai TF merupakan perbandingan konsentrasi logam pada daun dengan konsentrasi logam dalam akar. Hasil analisis rata-rata Cr dalam sedimen di tiga titik sampling adalah, 74,59 mg/kg pada musim kemarau dan 61,46 mg/kg pada musim hujan, sedangkan konsentrasi Pb dalam sedimen baik pada musim kemarau maupun hujan masing-masing adalah 189,65 mg/kg dan 204,75 mg/kg. Translokasi Cr pada tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dimusim kemarau sesuai urutan berikut, daun >akar >kulit batang dan pada musim hujan sesuai urutan sebagai berikut akar >daun >kulit batang. Translokasi Pb dalam bagian tumbuhan baik pada musim kemarau dan hujan semakin berkurang sesuai urutan sebagai berikut akar >kulit batang >daun. Hasil perhitungan BCF dan TF mengindikasikan bahwa mekanisme fitoakumulasi Cr secara alami baik pada musim kemarau dan hujan adalah fitoekstraksi dan mekanisme fitoakumulasi Pb adalah rizofiltrasi. Hasil analisis Cr dan Pb dalam tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* menunjukkan bahwa tumbuhan bakau ini tidak bersifat hiperakumulator terhadap Cr dan Pb karena tidak mampu mengakumulasi hingga 1000 mg/kg.

Kata kunci : Cr, Pb, bakau, akumulasi, sedimen, analisis, mekanisme

Abstract. Analysis about accumulation of Cr and Pb in mangrove *Rhizophora mucronata* and sediment in Tallo River Makassar has succeed. The objective of this research is to find out the accumulation ability of mangrove to both of the metals toward variation of season (dry and rainy). Sediment in each station were taken by using *Eckman Grab*, while mangrove tissues plant using knife as cutting tool. Sediment were destructed dried by added with Na_2CO_3 , incinerated, and dissolved with HNO_3 . Mangrove plant tissues were destructed with HNO_3 . Samples were analyzed with AAS. The accumulation mechanism was calculated based on BCF which is a comparison of metal average concentration in mangrove plant tissues toward metal concentration in sediment, and TF value is comparison of metal concentration in leaf toward metal concentration in root. The average analysis result of Cr in sediment at the three sampling spots are 74.59 mg/kg in dry season and 61.46mg/kg in rainy season, while concentration of Pb in sediment in dry and rainy season respectively 189.65 mg/kg and 204.75 mg/kg. Translocation of Cr in *Rhizophora mucronata* in dry season in the following order, leaf >root >bark and in rainy season in the following order root >leaf >bark. Translocation of Pb in mangrove plant tissues both in dry and rainy season is reduce in the following order root >bark >leaf. The result of BCF and TF calculation indicate that phytoaccumulation mechanisms of Cr both in dry and rainy season is phytoextraction and phytoaccumulation mechanism of Pb is rizofiltration. Analysis result of Cr and Pb in mangrove plant tissue shows that this mangrove is not hyperaccumulator to Cr and Pb because it unable to accumulate up to 1000 mg/kg.

Keywords: Cr, Pb, mangrove, accumulation, sediment, analysis, mechanism.

PENDAHULUAN

Ekonomi yang berkembang pesat di Indonesia berfokus pada pembangunan sektor industri. Pembangunan industri yang besar dan cepat akan meningkatkan kualitas hidup manusia dengan meningkatnya perekonomian masyarakat. Pembangunan industri juga berdampak pada menurunnya kesehatan masyarakat karena pencemaran limbah industri dan rumah tangga. Pembangunan yang pesat dan penggunaan berbagai bahan baku logam dapat berdampak negatif (Widowati, dkk., 2008). Pencemaran telah terjadi di Sungai Tallo kota Makassar sejak beberapa tahun lalu. Tahun 2000, melalui program pengawasan dan

pengendalian air telah dilaksanakan untuk memantau dampak lingkungan pada sungai dengan sasaran sumber pencemar oleh industri yang berlokasi di daerah aliran Sungai Tallo (Anonim, 2014).

Karena itu diperlukan metode untuk mengurangi konsentrasi logam berat di lingkungan air, tanah, dan udara untuk mengurangi risiko toksisitas terhadap manusia. Salah satu metode untuk mengurangi limbah pencemaran adalah dengan metode fitoremediasi (Widowati, dkk., 2008). Jenis tumbuhan ini mampu menyerap dan mengakumulasi konsentrasi tinggi ion logam tanpa mengalami penurunan

hasil akibat keracunan logam (Hidayati, 2013). Baker dan Brooks (1989) mengungkapkan bahwa suatu tumbuhan disebut sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap Cr dan Pb jika mampu mengakumulasi masing-masing 1000mg/kg.

Kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi logam dari tanah dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *Bioconcentration Factor* (BCF), di mana BCF dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi rata-rata logam yang terdapat dalam tumbuhan dengan yang terdapat pada tanah. Kemampuan suatu tumbuhan untuk mentranslokasikan logam dari akar ke daun diukur dengan perhitungan *Translocation Factor* (TF), di mana TF dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi logam yang terdapat pada daun dengan yang terdapat pada akar (Yoon, dkk., 2006). Jenis mekanisme akumulasi logam oleh tumbuhan diketahui terdiri atas, fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitotransformasi dan fitodegradasi (Fahrudin, 2010). Pada dasarnya, BCF dan TF merupakan indikator yang dapat membedakan mekanisme akumulasi antara fitostabilisasi dan fitoekstraksi. Jika nilai $BCF > 1$ dan $TF < 1$, disebut mekanisme fitostabilisasi dan sebaliknya, jika nilai $BCF < 1$ dan $TF > 1$ maka disebut fitoekstraksi (Liong, dkk., 2010).

Tumbuhan bakau, secara umum tumbuh pada lingkungan muara dan tepi pantai yang merupakan tempat penumpukan sedimen yang berasal dari sungai. Fungsi bakau secara ekologis sebagai sumber nutrisi, karbon, daerah pembenihan berbagai jenis ikan, udang, kerang-kerangan dan tempat bersarang burung-burung serta berbagai jenis biota (Arief, 2001). Bakau juga memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme (Hutagalaung, 1989 dalam Handayani, 2006).

Mengingat tingginya kegiatan industri di sekitar Sungai Tallo, Makassar, mendorong peneliti melakukan penelitian tentang fitoakumulasi Cr dan Pb dalam tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* di Daerah Aliran Sungai Tallo Makassar. Selain menentukan fitoakumulasi Cr dan Pb juga ditentukan kemampuan bakau *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap logam tersebut, sehingga dapat memberikan informasi serta pemanfaatan *Rhizophora mucronata* dalam mengatasi pencemaran logam berat di perairan. Pada penelitian ini dilakukan pada musim yang berbeda yaitu pada musim kemarau dan musim hujan untuk mengetahui apakah ada perbedaan akumulasi *Rhizophora mucronata* terhadap Cr dan Pb.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Eckman Grab*, kantong sampel, alat potong, oven SPN 150 SFD, *Furnace 600-Barnstead Thermolyse*, Neraca Ohaus AP 110, *hotplate*, GPS, cawan porselin, labu ukur, gelas piala, pipet volume, mikroburet dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sedimen, akar, kulit batang dan daun *Rhizophora*

mucronata yang diperoleh disekitar Sungai Tallo Makassar, HNO_3 63 % (*Merck*), H_2O_2 30 % (*Merck*) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (*Merck*), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (*Merck*), Na_2CO_3 (*Merck*), kertas saring whatman 42 (*Merck*), akuades, akuabides pH 2 yang dibuat dengan menambahkan HNO_3 63 %

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2015 sampai Juni 2016 di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel sedimen dan bagian-bagian tumbuhan *Rhizophora mucronata* diambil pada musim kemarau (31 Oktober 2015) dan pada musim hujan (22 Januari 2016). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun di dekat muara Sungai Tallo yaitu:

Stasiun 1: S 5°6'41.958"; E 119°26'39.192"

Stasiun 2: S 5°6'50.464"; E 119°26'45.632"

Stasiun 3: S 5°6'51.627"; E 119°26'39.192"

Prosedur

Preparasi Sampel

Sampel sedimen yang telah diambil dilapangan kemudian dikeringkan pada suhu 100 °C sedangkan sampel akar, kulit batang dan daun masing-masing dicuci dengan akuades terlebih dahulu kemudian dikeringkan pada suhu 80 °C dengan menggunakan oven. Masing-masing sampel dihaluskan dengan menggunakan lumpang.

Analisa Cr dan Pb dalam sedimen menggunakan teknik desktruksi kering. Sedimen yang telah kering dan halus kemudian ditimbang dengan teliti sebanyak 0,5 gram ke dalam cawan porselin yang telah berisi 2 gram Na_2CO_3 , sampel kemudian ditambahkan lagi 2 gram Na_2CO_3 hingga menutupi sampel lalu dipijarkan di dalam tanur pada suhu 850 °C selama 2-3 jam. Hasil sisa pijar dilarutkan dengan $\text{HNO}_{3(p)}$ lalu disaring ke dalam labu ukur 100 mL lalu diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides pH 2. Dihomogenkan kemudian dianalisa dengan menggunakan SSA.

Sampel akar, kulit batang, dan daun yang telah kering dan halus, ditimbang dengan teliti sebanyak 1,0 gram dan dilarutkan dengan menggunakan HNO_3 6 M sebanyak 25 mL. Kemudian dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu 110 °C sampai hampir kering, didinginkan dan disaring kedalam labu ukur 25 mL. Dihomogenkan kemudian dianalisa dengan menggunakan SSA.

Penentuan Konsentrasi Logam

Dengan data pengukuran berikut, konsentrasi sampel (a), volume sampel (V), faktor pengenceran (fp) dan massa sampel (g) maka dapat dihitung konsentrasi sebenarnya (C) menggunakan Persamaan berikut:

$$C = \frac{a \times V \times fp}{g}$$

Fitoakumulasi Logam

Data yang telah didapatkan dari pengukuran konsentrasi sampel kemudian dapat diolah untuk menentukan mekanisme penyerapan yang dapat ditentukan dengan mengetahui nilai TF dan nilai BCF yang dapat di ketahui dari persamaan berikut (Ghosh dan Singh, 2005):

$$TF = \frac{\text{Logam dalam daun (mg.Kg}^{-1}\text{)}}{\text{Logam dalam akar (mg.Kg}^{-1}\text{)}}$$

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi rata-rata logam pada tumbuhan (mg.Kg}^{-1}\text{)}}{\text{Jumlah logam dalam sedimen (mg.Kg}^{-1}\text{)}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kadar Air Pada Bagian Tumbuhan *Rhizophora mucronata*.

Kadar air rata-rata pada akar, kulit batang dan daun tumbuhan *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Rata-rata Kadar Air pada Akar, Kulit Batang dan Daun

Bagian Tumbuhan	Kadar Air (%)	
	Kemarau	Hujan
Akar	10,45	65,04
Kulit Batang	10,10	14,23
Daun	13,58	12,35

Tabel 1 menunjukkan kadar air rata-rata terbesar pada musim kemarau yaitu 13,58 % pada daun dan pada musim hujan yaitu 65,04 % pada akar. Kadar air rata-rata yang ditunjukkan oleh akar, batang maupun daun pada musim kemarau tidak memiliki perbedaan yang berarti sedangkan pada musim hujan kadar air rata-rata pada akar, kulit batang dan daun memiliki perbedaan yang signifikan, ini mungkin disebabkan volume air pada Sungai Tallo meningkat sehingga akar *Rhizophora mucronata* terendam sepenuhnya. Perbedaan kadar air pada tiap bagian tumbuhan yang tidak signifikan dapat diduga bahwa Cr dan Pb yang kelarutannya baik dalam air dapat ditranslokasikan dengan baik dari akar menuju daun karena adanya penyerapan air yang membantu proses translokasi logam.

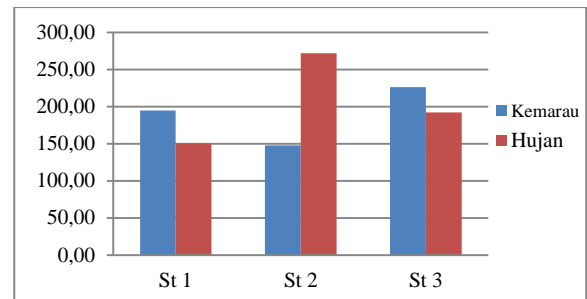
Analisis Kandungan Pb Pada Sedimen

Keberadaan logam berat pada sedimen sangat tergantung pada aktifitas di sekitar aliran sungai. Semakin tinggi aktifitas yang terjadi disekitar perairan maka kadar logam berat dapat meningkat pula. Logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan yang akan terakumulasi ke dalam sedimen. Konsentrasi logam berat dalam sedimen cenderung lebih tinggi dibanding konsentrasi logam berat dalam air.

Perairan sungai Tallo Makassar sangat rawan terhadap pencemaran karena tingginya aktifitas manusia di sekitar sungai. Burchet (2012), menyatakan sumber kontaminasi logam cenderung berhubungan dengan buangan

perkotaan, buangan limbah-limbah pabrik, rumah tangga, pertanian, dan kendaraan bermotor akan mengalami sedimentasi di sekitar area bakau. Setiawan dan Endro (2015), menganalisis kandungan logam berat Pb, Cd dan Cu pada sedimen muara Sungai Tallo adalah 66,6 ppm; 5,16 ppm; dan 31,1 ppm.

Hasil analisis Pb dalam sedimen Sungai Tallo Makassar dengan variasi musim pada tiap titik sampling dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsentrasi Pb (mg/kg) pada Sedimen vs Variasi Musim pada Tiap Stasiun

Hasil analisis menunjukkan bahwa sedimen di sekitar lokasi pengambilan sampel telah dicemari oleh Pb. Kandungan Pb dalam sedimen berkisar antara 147,69–272,02 mg/kg. Peningkatan konsentrasi Pb pada musim hujan terdapat di Stasiun 2, hal ini mengindikasikan bahwa tingginya aktifitas industri maupun masyarakat menggunakan bahan mengandung Pb di sekitar aliran sangat tinggi sehingga terbawa oleh arus yang sangat deras pada musim hujan. Sedangkan pada Stasiun 1 dan Stasiun 3 terjadi penurunan konsentrasi Pb pada musim hujan.

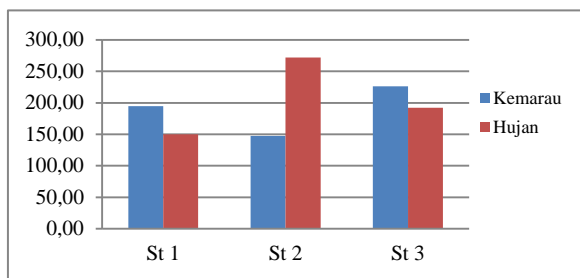
Mengacu pada nilai Baku Mutu yang dikeluarkan oleh *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA), US Department of Commerce (2005), maka hasil analisis kandungan Pb dalam sedimen di tiap stasiun penelitian menunjukkan bahwa telah melewati ambang batas yaitu diatas 30,24 ppm.

Analisis Kandungan Cr Pada Sedimen

Nugroho (2009), menyatakan bahwa konsentrasi Cr dipengaruhi oleh material organik di sedimen. Krom di alam tidak pernah ditemukan sebagai logam murni. Sumber Cr di alam sangat sedikit, yaitu batu kromit ($\text{Fe}_4\text{Cr}_2\text{O}_4$) dan kromat oksida (Cr_2O_3). Di perairan pada umumnya Cr berasal dari limbah industri logam, tekstil, kertas, penyamakan kulit, treatment wool dan lain-lain (Effendi, 2003).

Hasil analisis konsentrasi Cr dalam sedimen Sungai Tallo Makassar dengan variasi musim pada tiap titik sampling dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis yang diperoleh, menunjukkan kandungan Cr pada sedimen berkisar antara 52,01-101,92 mg/kg. Terjadi peningkatan konsentrasi Cr pada musim hujan di Stasiun 3. Sedangkan pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 terjadi penurunan konsentrasi Cr. Menurunnya kandungan Cr musim hujan disebabkan beberapa faktor, yaitu pengenceran ataupun mengindikasikan penggunaan bahan yang mengandung Cr di industri sedikit. Jika mengacu pada nilai Baku Mutu yang dikeluarkan oleh *National Oceanic & Atmospheric*

Administration (NOAA), US Department of Commerce (2005), maka hasil analisis kandungan Cr dalam sedimen di tiap titik sampling penelitian menunjukkan bahwa telah melewati ambang batas yaitu diatas 52,30 ppm.



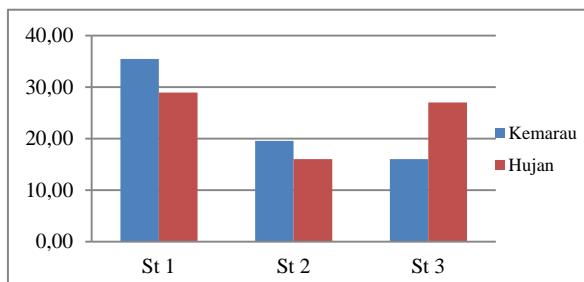
Gambar 2. Konsentrasi Cr (mg/kg) pada Sedimen vs Variasi Musim pada Tiap Titik Sampling

Analisis Kandungan Pb dan Cr Pada Bagian *Rhizophora mucronata*.

Salah satu upaya untuk menurunkan tingkat pencemaran di perairan pesisir Kota Makassar dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi bakau. Vegetasi bakau merupakan satu-satunya tipe vegetasi yang dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di kawasan pesisir yang merupakan daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut. Vegetasi bakau mempunyai kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi, kondisi tanah yang kurang stabil dan kondisi lingkungan yang tercemar (Setiawan, 2014). Reichman (2002), mengungkapkan bahwa dua mekanisme sistem pengangkutan utama logam berat pada tumbuhan adalah melalui xilem (*xylem transport*) dan floem (*phloem transport*).

Diperkirakan bahwa *rhizophora mucronata* maupun bakau pada umumnya memiliki mekanisme tersendiri dalam mengantisipasi logam berat yang ada baik dalam air maupun sedimen, yang masuk ke dalam jaringannya. Kathiresan dan Bingham (2001), mengungkapkan beberapa sebab mengapa bakau hanya dapat menyerap sedikit logam berat dari lingkungan, yaitu rendahnya bioavailabilitas (penyerapan) dari sedimen, adanya pengeluaran (eksklusi) logam berat, dan adanya adaptasi fisiologi yang mencegah akumulasi logam oleh bakau.

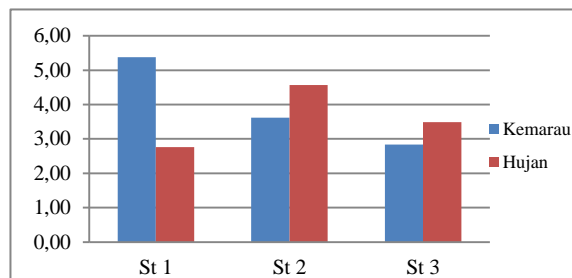
Hasil analisis konsentrasi total Pb dalam bagian tumbuhan *Rhizophora mucronata* di tampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Total Pb (mg/kg) dalam bagian tumbuhan vs Variasi Musim pada Tiap Stasiun

Hasil akumulasi Pb oleh *Rhizophora mucronata*, menunjukkan bahwa tumbuhan *Rhizophora mucronata* dapat menyerap Pb dikisaran 16,01–35,46mg/kg. Pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 terjadi penurunan penyerapan pada musim hujan. Penurunan penyerapan ini mungkin disebabkan oleh tumbuhan ini mengalami stress atau jenuh sehingga penyerapan Pb berkurang.

Hasil pengukuran konsentrasi total Cr dalam bagian tumbuhan *Rhizophora mucronata* di tampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Total Cr (mg/kg) dalam bagian tumbuhan vs Variasi Musim pada Tiap Stasiun

Hasil akumulasi Cr oleh *Rhizophora mucronata*, menunjukkan bahwa tumbuhan *Rhizophora mucronata* dapat menyerap Cr dikisaran 2,76-5,38 mg/kg. Pada Stasiun 2 dan Stasiun 3 terjadi peningkatan penyerapan pada musim hujan. Peningkatan penyerapan ini mungkin disebabkan oleh tumbuhan ini masih dapat mentolerir Cr yang masuk.

Pada umumnya semua jenis tumbuhan adalah akumulator terhadap logam, tetapi tidak semua tumbuhan berfungsi sebagai hiperakumulator. Suatu tumbuhan dapat disebut sebagai hiperakumulator Pb dan Cr jika mampu menarik masing-masing logam dalam konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 1000 mg/kg (Baker dan Brooks, 1989). Dari hasil analisis yang didapatkan tumbuhan *Rhizophora mucronata* tidak termasuk tumbuhan hiperakumulator terhadap Cr dan Pb karena tidak mampu mengakumulasi Cr dan Pb hingga 1000 mg/kg.

Diperkirakan bahwa *Rhizophora mucronata* maupun bakau pada umumnya memiliki mekanisme tersendiri dalam mengantisipasi logam berat yang ada di air maupun di sedimen, yang masuk ke dalam jaringannya. Kathiresan dan Bingham (2001), mengungkapkan beberapa alasan mengapa bakau hanya dapat menyerap sedikit logam berat dari lingkungan, yaitu rendahnya bioavailabilitas (penyerapan) dari sedimen, adanya pengeluaran (eksklusi) logam berat, dan adanya adaptasi fisiologi yang mencegah akumulasi logam oleh bakau.

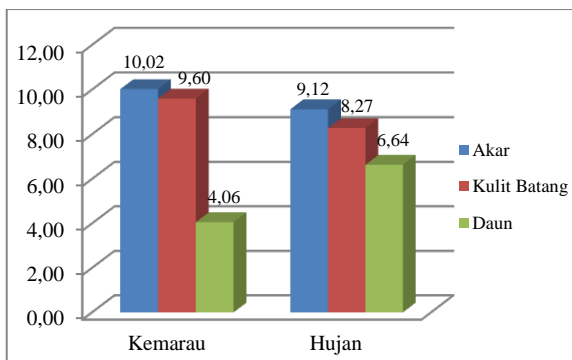
Bagian bakau yang paling penting untuk mencegah masuknya pencemar logam berat ke dalam bagian-bagian penting bakau adalah akar. Akar yang ada di dalam tanah melepaskan oksigen yang membentuk plak-plak besi (*iron plaques*), yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen memasuki sel-sel akar. Di jaringan akar yang dimasuki oleh logam terjadi mekanisme yang membuat logam tak bisa tersirkulasi secara bebas ke dalam tanaman (Kathiresan dan Bingham, 2001).

Translokasi Pb pada Tumbuhan *Rhizophora mucronata*

Logam berat pada umumnya ditempatkan dalam akar serta daun dan mekanisme toleransi ataupun akumulasi logam berat pada beberapa tumbuhan melibatkan proses pengikatan logam berat pada dinding sel atau di dalam vakuola sel akar atau daun. Gambar 5 menunjukkan translokasi Pb pada tumbuhan *Rhizophora mucronata* pada variasi musim. Secara umum kemampuan tumbuhan bakau ini untuk mengakumulasi Pb terbesar pada bagian akar, kulit batang, dan daunnya.

Konsentrasi Pb terdapat dalam jumlah yang paling besar di bagian akar, karena akar terdapat di dalam tanah yang merupakan bagian tumbuhan yang pertama kali berinteraksi secara langsung dengan Pb yang mengendap. Logam-logam akan terserap oleh akar bersama-sama dengan nutrisi lain yang kemudian diedarkan ke bagian lain. Kandungan Pb dalam bagian tumbuhan baik pada musim kemarau dan hujan semakin berkurang sesuai urutan sebagai berikut akar > kulit batang > daun.

Hasil penelitian Alberts, dkk., (1990) menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada akar lebih tinggi daripada kulit batang dan daun, karena logam tersebut mempunyai kemampuan translokasi yang rendah, sehingga lebih terkonsentrasi pada akar.

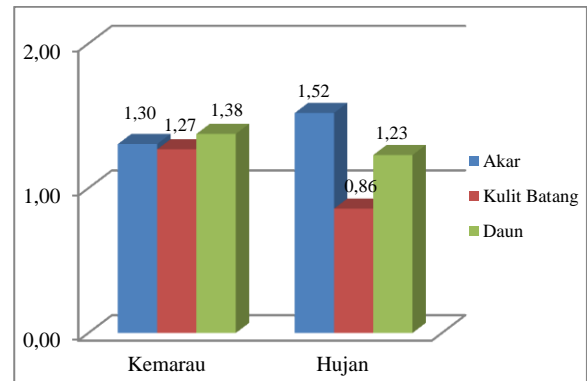


Gambar 5. Konsentrasi Rata-rata Pb dalam Tiap Bagian Tumbuhan (mg/kg) vs Variasi Musim

Translokasi Cr pada Tumbuhan *Rhizophora mucronata*

Gambar 6 menunjukkan translokasi Cr pada tumbuhan *Rhizophora mucronata* pada variasi musim. Kandungan Cr dalam bagian tumbuhan pada musim kemarau semakin berkurang sesuai urutan sebagai berikut daun > akar > kulit batang dan pada musim hujan semakin berkurang sesuai urutan sebagai berikut akar > daun > kulit batang. Menurunnya konsentrasi Cr di daun pada musim hujan akibat tumbuhan sedikit mengalami penguapan, sehingga translokasi logam dari akar ke daun rendah. Adanya perbedaan suhu khususnya pada musim kemarau di mana suhu rata-rata lebih tinggi dibanding suhu pada musim hujan akan memaksa tumbuhan untuk melakukan proses transpirasi. Simanjuntak (2013) mengemukakan bahwa transpirasi adalah proses menguapnya air yang terjadi pada jaringan tumbuhan. Proses transpirasi dilakukan oleh tumbuhan dengan tujuan untuk menyerap air dan zat hara oleh akar guna mempertahankan atau mengatur suhu pada daun dan juga untuk mengatur proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan. Pernyataan Simanjuntak sejalan

dengan hasil yang didapatkan dari penelitian di mana pada musim kemarau, total konsentrasi pada bagian tumbuhan lebih besar dibanding pada musim hujan seperti yang terlihat pada Gambar 6. Hal ini juga sejalan dengan penelitian oleh Pahalawattaarachchi, dkk., (2009) yang dilakukan pada musim panas menunjukkan logam Cr terakumulasi lebih besar di daun pada tumbuhan *Rhizophora mucronata*.



Gambar 6. Konsentrasi Rata-rata Cr dalam Tiap Bagian Tumbuhan (mg/kg) vs Variasi Musim.

Mekanisme Fitoakumulasi Pb dan Cr pada Tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata*

Untuk menentukan mekanisme fitoakumulasi Pb dan Cr pada tumbuhan *Rhizophora mucronata* dapat ditentukan dengan menghitung nilai BCF dan TF. Pada dasarnya, BCF dan TF merupakan indikator yang dapat membedakan mekanisme akumulasi antara fitostabilisasi dan fitoekstraksi. Jika nilai BCF > 1 dan TF < 1, disebut mekanisme fitostabilisasi dan sebaliknya, jika nilai BCF < 1 dan TF > 1 maka disebut fitoekstraksi (Liong, dkk., 2010).

Nilai BCF dan TF untuk Pb di tunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai BCF dan TF untuk Pb

Sampel	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan
Sedimen	194,93	150,21	147,69	272,02	226,34	192,03
Akar	15,62	11,87	8,62	4,66	5,83	10,83
Kulit Batang	16,34	12,13	6,27	6,22	6,18	6,48
Daun	3,50	5,00	4,67	5,17	4,00	9,74
BCF	0,06	0,06	0,04	0,02	0,02	0,05
TF	0,22	0,42	0,54	0,14	0,69	0,90

Pada Tabel 2, didapatkan nilai BCF dan TF cukup bervariasi di mana nilai tertinggi untuk BCF adalah 0,06 yaitu pada Stasiun 1 baik pada musim kemarau dan musim hujan. Nilai TF tertinggi berada pada Stasiun 3 musim hujan yaitu 0,90. Rendahnya nilai BCF dan TF di bawah 1 sehingga tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* tidak

dapat digolongkan sebagai tumbuhan jenis fitostabilisasi ataupun fitoekstraksi tetapi dapat digolongkan tumbuhan jenis rizofiltrasi di mana tumbuhan menyerap kontaminan-kontaminan Pb yang terdapat di sedimen dan mengakumulasikannya di bagian akar.

Nilai BCF dan TF untuk Cr di tunjukkan pada Tabel 3. Pada Tabel 3, didapatkan nilai BCF dan TF cukup bervariasi di mana nilai BCF tertinggi adalah 0,06 yaitu pada stasiun 2 musim kemarau dan nilai TF tertinggi berada pada stasiun 3 musim kemarau yaitu 2,75. Nilai BCF <1 dan TF >1 maka tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dapat digolongkan sebagai tumbuhan jenis fitoekstraksi.

Tabel 3. Nilai BCF dan TF untuk Cr

Sampel	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan
Sedimen	69,84	69,37	101,92	55,51	52,01	59,51
Akar	2,25	1,31	8,62	1,37	0,50	1,87
Kulit Batang	1,38	0,83	6,27	1,20	0,97	0,55
Daun	1,75	0,62	4,67	2,00	1,38	1,06
BCF	0,03	0,01	0,06	0,03	0,02	0,02
TF	0,78	0,48	0,54	1,46	2,75	0,57

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis total akumulasi Cr dan Pb dalam tumbuhan *Rhizophora mucronata*, maka secara alamiah tumbuhan ini tidak bersifat hiperakumulator terhadap Cr dan Pb.
2. Translokasi Cr pada musim kemarau paling tinggi diperoleh pada daun, akar, dan kulit batang. Sedangkan pada musim hujan konsentrasi Cr paling tinggi diperoleh pada akar, daun dan kulit batang. Translokasi Pb pada tumbuhan *Rhizophora mucronata* paling tinggi diperoleh pada akar, kulit batang, dan daun baik pada musim kemarau maupun musim hujan.
3. Berdasarkan nilai BCF dan TF maka mekanisme fitoakumulasi tumbuhan *Rhizophora mucronata* pada Cr adalah jenis fitoekstraksi secara alamiah dan Pb adalah jenis rizofiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, Sediment Quality Guidelines, *National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA) Department of Commerce*.
- Anonim, 2014, Industri yang berlokasi di DPS Sungai Tallo dan Jeneberang Wilayah Kota Makassar, *Badan Lingkungan Hidup Daerah Kota Makassar* (Online), (<http://blhdmakassar.info/industriyang-berlokasi-di-dps-sungai-tallo-dan-jeneberang-wilayah-kota-makassar/>), diakses 27 September 2016).
- Alberts, J. J., Price, M. T., and Kania, M., 1990, Metal concentrations in tissues of *Spartina alterniflora* (Loisel) and sediments of Georgia salt Marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **30**: 47-58.
- Arief, A., 2001, *Hutan dan Kehutanan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Baker, A. J. M., and Brooks, R. R., 1989, Terrestrial Higher Plants which Hyperaccumulate Metallic Elements- A Review of their Distribution, Ecology and Phytochemistry, *Biorecovery*, **1**: 81-126.
- Burchett, M. D., dan Mac Farlane. G. R., 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the gey mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). University of Newcastle, Callaghan, Newcastle, NSW 2308, Australia. School of Biological and Chemical Sciences, 2: 141-1136.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fahrudin, 2010, *Bioteknologi Lingkungan*, alfabeta, Bandung.
- Handayani, T., 2006, Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* Dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta, *Jurnal Teknik Lingkungan*, **7** (3): 266-270.
- Hidayati, N., 2013, Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator logam berat, *Jurnal Teknik Lingkungan*, **14**(2): 75-82.
- Kathiresan, K., and Bingham, B. L., 2001, Biology of Mangroves dan Mangrove Ecosystems, *Advances In Marine Biology*, **40**: 81-251.
- Liong, S., Noor, A., Taba, P., Abdullah, A., 2010, *Studi Fitoakumulasi Pb Dalam Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir)*, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin.
- Nugroho, A., 2009, *Konsentrasi kromium dan seng dalam air, seston, biota dan fraksinasinya dalam sedimen di perairan Delta Berau Kalimantan Timur*, Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Pahalawattarachchi, V., Purushothaman, C. S., Vennila, A., 2009, Metal Phytoremediation potential of *Rhizophora mucronata*, *Indian Journal of Marine Science*, **38**(2): 178-183.
- Reichman, S. M., 2002, *The Response of Plants to Metal Toxicity: A Review Focusing on Copper, Manganese, and Zinc*, Australian Minerals & Energy Environment Foundation, Melbourne.

- Setiawan, H., Endro, S., 2015, Konsentrasi Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan, *Forest Rehabilitation Journal*, **3**(1): 67-79.
- Setiawan, H., 2014, Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pesisir Kota Makassar Dan Upaya Penanggulangannya, *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **11**(1): 1 – 13.
- Simanjuntak, E.T., 2013, *Alat Pengukur Laju Transpirasi Pada Daun Berbasis Mikrokontroler*, Skripsi Diterbitkan, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Widowati, W., Sastiono, H., dan Jusuf, R., 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., and Ma, L., Q., 2006, Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing On a Contaminated Florida Site, *Science of the Total Environment*, **368**: 456-464